

## **Métodos de cocção e efeito sobre os teores de compostos bioativos e de antioxidantes nos alimentos: revisando as evidências científicas**

Lucas Araújo Ferreira<sup>1</sup>, Daniela Canuto F. Almeida<sup>2\*</sup>

---

<sup>1</sup> Graduando em Nutrição, Escola de Ciências Sociais e da Saúde, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. E-mail: lucasaferreira32@gmail.com.

<sup>2</sup> Docente do curso de Nutrição da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Ciências Sociais e da Saúde. Avenida Universitária, 1440 - Setor Leste Universitário, 74175-120 Goiânia, GO, Brasil. E-mail: daniela.enf@pucgoias.edu.br. \*Autor correspondente.

## RESUMO

Verduras, legumes e frutas quando compoem a base da alimentação de indivíduos fornecem uma boa quantidade de carboidratos, fibras alimentares, minerais e vitaminas, além de antioxidantes e compostos bioativos que podem ser potenciais fatores protetivos e atuarem no tratamento de doenças. Contudo, sabe-se que técnicas de pré-preparo assim como os métodos de cocção podem influenciar diretamente na composição nutricional desses alimentos, podendo causar redução ou aumento dos compostos bioativos e micronutrientes. Entretanto, na literatura ainda é controverso quais os efeitos dos métodos de cocção sobre o conteúdo e biodisponibilidade dos compostos bioativos e antioxidantes nos alimentos. Portanto, o objetivo deste estudo foi de revisar as evidências científicas a respeito do efeito de métodos de cocção no conteúdo de compostos bioativos e antioxidantes nos alimentos. Foram realizadas buscas bibliográficas nas bases de dados por meio das seguintes palavras-chave: biodisponibilidade, nutriente, compostos bioativos, cocção, métodos de preparo, com o recorte temporal utilizado foi de 2013 a 2023. A partir da revisão da literatura foram encontrados 82 artigos, de modo que após a aplicação dos critérios de elegibilidade e exclusão de artigos duplicados, foram incluídos 14 artigos que discutiram sobre a fervura (n=12), o cozimento a vapor (n=10), o cozimento em micro-ondas (n=9) e o cozimento sob pressão (n=4). O cozimento a vapor mostrou-se mais efetivo em preservar as quantidades de compostos fenólicos, carotenoides totais, alguns subtipos como a criptoxantina, luteína e a zeaxantina, assim como o total de flavonoides e antocianinas, ao obter menores taxas de redução deste composto quando comparados com a fervura, o micro-ondas e a pressão. Paralelamente, todos os quatro métodos causaram taxas de redução semelhantes de vitaminas A e C, assim como de glicosinolatos totais. Por outro lado, a fervura e a cocção, em micro-ondas, se mostraram mais eficientes em preservar a atividade antioxidante dos alimentos. Além disso, nota-se a necessidade de mais estudos com mais diversidade de alimentos para avaliar os efeitos de acordo com os grupos alimentares.

**Palavras-chave:** compostos bioativos; nutrientes; métodos de cocção; biodisponibilidade; fervura; vapor; micro-ondas; pressão;

## ABSTRACT

Vegetables and fruits when composing the basis of the diet of individuals provide a good amount of carbohydrates, dietary fiber, minerals and vitamins, as well as antioxidants and bioactive compounds that can be potential protective factors and act in the treatment of diseases. However, it is known that pre-preparation techniques as well as cooking methods can directly influence the nutritional composition of these foods, which may cause a reduction or increase in bioactive compounds and micronutrients. However, in the literature it is still controversial what are the effects of cooking methods on the content and bioavailability of bioactive compounds and antioxidants in food. Therefore, the aim of this study was to review the scientific evidence regarding the effect of cooking methods on the content of bioactive compounds and antioxidants in foods. Bibliographic searches were performed in the databases through the following keywords: bioavailability, nutrient, bioactive compounds, cooking, preparation methods, with the time frame used was from 2013 to 2023. From the literature review, 82 articles were found, so that after applying the eligibility criteria and exclusion of duplicate articles, 14 articles were included that discussed boiling (n=12), steaming (n=10), microwave cooking (n=9) and pressure-cooking (n=4). Steaming was more effective in preserving the amounts of phenolic compounds, total carotenoids, some subtypes such as cryptoxanthin, lutein and zeaxanthin, as well as the total of flavonoids and anthocyanins, by obtaining lower rates of reduction of this compound when compared to boiling, microwave and pressure. In parallel, all four methods caused similar rates of reduction of vitamins A and C, as well as total glucosinolates. On the other hand, boiling and microwave cooking were shown to be more efficient in preserving the antioxidant activity of foods. In addition, there is a need for more studies with more food diversity to evaluate the effects according to food groups.

**Keywords:** bioactive compounds; nutrient; cooking methods; bioavailability; boiling; steam; microwave; pressure;

## **IMPACTOS PARA A GASTRONOMIA**

O presente estudo revisa a literatura científica a fim de discutir sobre qual a influência dos métodos de cocção sobre a biodisponibilidade de compostos bioativos e antioxidantes de frutas, verduras, legumes e leguminosas. Dessa forma, amplia-se o conhecimento sobre a perda e preservação das quantidades desses compostos após a cocção de alimentos por determinado método, de modo que este pode atuar como critério de escolha na elaboração de cardápios tanto por nutricionistas e gastrônomos, quando a culinária em questão esteja voltada para fins de promoção de saúde.

## **INTRODUÇÃO**

O Guia Alimentar para a população brasileira orienta a inclusão de alimentos in natura e minimamente processados como base da alimentação. Portanto, priorizá-los nas escolhas alimentares torna a alimentação mais saborosa, nutricionalmente adequada e promotora de um sistema alimentar socialmente e ambientalmente sustentável (Brasil, 2014).

Alimentos in natura e minimamente processados englobam, dentre outros, alimentos de origem vegetal, como as frutas, verduras e legumes, leguminosas e cereais que por si só constituem grupos cuja composição nutricional tem sido bastante evidenciada e discutida ao longo dos anos (Liu, 2013), de modo que além de serem considerados fontes de carboidratos, fibras alimentares, minerais e vitaminas, também tem se evidenciado a presença de antioxidantes e compostos bioativos que podem ser potenciais fatores protetivos e atuarem no tratamento de doenças (Phan et al., 2018; Zhu et al., 2018).

Apesar de serem consumidos em sua maioria crus, exceto leguminosas e alguns cereais, com o avanço da tecnologia e conhecimento no ramo da gastronomia e nutrição, tem-se a aplicação de diversas técnicas de pré-preparo, como a higienização, os diversos tipos de corte e a remoção de aparas, e de preparo, assim como o cozimento destes alimentos, a fim de aprimorar tanto aspectos sensoriais, como cor, sabor e textura, assim como melhora da qualidade nutricional (Coe and Spiro, 2022; Zhang and Hamazu, 2004). Há que se pontuar, no entanto, que a escolha do método de cocção pode influenciar sobremaneira na composição e na biodisponibilidade dos compostos bioativos e antioxidantes nos alimentos, sendo seu estudo de grande relevância, visto que em alguns

métodos a redução dos teores pode ser bastante significativa, uma vez que cada método utilizará um princípio específico (de Castro et al., 2021).

Dentre os principais métodos de cocção de vegetais, leguminosas e cereais, a fervura é o mais comum. Neste caso, os alimentos são adicionados em água fria ou em água já em temperaturas próximas às de ebulição (100°C). A temperatura deve ser mantida para que o cozimento ocorra, sendo que durante este processo o calor é transmitido para o alimento por meio de convecção, de modo que a temperatura elevada causa o rompimento das estruturas celulares dos vegetais, alterando, assim, sua composição e aspecto sensorial (Sun et al., 2021).

Outro método utilizado no preparo de alimentos é o cozimento a vapor, que ocorre por meio do calor úmido, podendo ser dividido em dois tipos, o indireto, cuja vaporização é feita quando o alimento é colocado em uma panela fechada, cercada por bastante vapor de água fervente ou em uma panela a vapor. Por outro lado, no método direto, a técnica é realizada em um recipiente sobre uma panela com água. O cozimento a vapor é referido na literatura como um método que pode preservar, em maior proporção, os nutrientes presentes no alimento (Fabbri and Crosby, 2016).

Outrossim, o cozimento a pressão também se mostra bastante presente na cocção de alimentos de origem vegetal, principalmente as leguminosas (feijões, lentilhas, grão de bico). Neste método, ocorre a vaporização da água em um ambiente fechado, de modo que o vapor fica retido no meio interno da panela, fazendo com que a pressão interna aumente consideravelmente, tornando o cozimento dos alimentos mais eficiente (Fabbri and Crosby, 2016). Controversamente, estudos evidenciam efeitos positivos do cozimento em pressão sobre o aumento dos teores de polifenóis e de carotenoides (Martínez-Hernández et al., 2013; Sun et al., 2019) enquanto outros relatam redução de compostos fenólicos, flavonoides e de vitaminas (Lima et al., 2017; Ramos et al., 2017).

Diferente dos métodos baseados na transmissão de calor, o princípio do micro-ondas consiste na fricção intramolecular de moléculas polares, ocorrendo, assim, o aquecimento de alimentos em um curto período (Sun et al., 2021). Este é um método que é bastante utilizado no cotidiano familiar para o preparo das refeições e apresenta resultados controversos na literatura no que tange a alterações da composição nutricional dos alimentos após a cocção, de modo que a natureza química dos nutrientes e compostos presentes no alimento apresenta-se como um dos principais fatores que influenciam na estabilidade do composto (Guzik et al., 2022). Estudos evidenciam que compostos polares menos termoestáveis como vitaminas do complexo B e a vitamina C tem seus teores

reduzidos após a cocção de alimentos no micro-ondas, enquanto compostos apolares como carotenoides possuem aumento de seus teores (Cross et al., 1982; de Castro et al., 2021; Fabbri and Crosby, 2016; Palermo et al., 2014).

Deste modo, investigar os efeitos dos métodos de cocção na composição em bioativos dos alimentos é bastante relevante, uma vez que possibilita melhores escolhas em relação a preservação de nutrientes ou aumento da biodisponibilidade destes. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi revisar as evidências científicas a respeito dos efeitos de métodos de cocção no conteúdo de compostos bioativos e de antioxidantes nos alimentos.

## **MÉTODOS**

### **Bases de dados e estratégia de pesquisa**

Foram realizadas buscas bibliográficas nas bases de dados Pubmed, Web of Science e Scopus, por meio das seguintes palavras-chave: biodisponibilidade, nutriente, compostos bioativos, cocção, métodos de preparo, tanto no idioma português quanto no inglês. O recorte temporal utilizado foi de 2013 a 2023.

As referências dos artigos recuperados nas bases também foram consultadas a fim de se ampliar a busca.

A seleção final dos artigos foi feita em três etapas. Inicialmente, procedeu-se a leitura dos títulos dos trabalhos após a estratégia de busca utilizada, excluindo-se aqueles que não apresentavam clara associação com o tema. Em seguida, realizou-se a leitura dos resumos dos artigos previamente selecionados. Após essa etapa, os artigos relevantes foram lidos na íntegra e avaliados quanto aos critérios de elegibilidade.

### **Crítérios de Elegibilidade**

Os critérios de elegibilidade estão descritos no Quadro 1.

#### **QUADRO 1**

### **Extração e análise de dados**

A extração e a análise de dados foram realizadas por apenas um pesquisador, retirando-se informações específicas sobre os seguintes tópicos: (1) identificação do

artigo (ano de publicação, nomes dos autores e país de realização da pesquisa); (2) alimentos estudados e métodos de cocção estudados (tipo de alimento, pré-preparo, métodos de cocção utilizados, tempo e temperatura); (3) avaliação da biodisponibilidade (método utilizado e nutriente/composto avaliado); (4) resultados do estudo (principais resultados observados quanto ao desfecho da biodisponibilidade de vitaminas, minerais e compostos bioativos).

Os dados foram analisados de maneira a apresentar tanto as divergências quanto as congruências no que tange a biodisponibilidade de nutrientes/compostos, conforme os métodos de cocção estudados.

## **RESULTADOS**

A partir da revisão da literatura foram encontrados 82 artigos. Em seguida, após a aplicação dos critérios de elegibilidade e exclusão de artigos duplicados, foram incluídos 14 artigos que discutiram sobre a fervura (n=12), o cozimento a vapor (n=10), o cozimento em micro-ondas (n=9) e o cozimento sob pressão (n=4), conforme Quadro 2.

### **QUADRO 2**

Os alimentos estudados foram: brócolis (n=4), couve (n=2), batata doce (n=2), repolho roxo (n=2), beterraba (n=1), batata inglesa (n=1), bagaço de caju (n=1), cogumelo (n=1), couve-flor (n=1), feijão verde (n=1) e repolho verde (n=1).

Os principais parâmetros, micronutrientes e compostos bioativos estudados foram: compostos fenólicos (n=8), capacidade antioxidante (n=7), carotenoides totais (n=6), vitamina C (n=4), flavonoides (n=3), glicosinolatos (n=3), antocianinas (n=3),  $\beta$ -caroteno (n=2), luteína (n=2), zeaxantina (n=2), polifenóis totais (n=2), betacianina (n=1), betaxantina (n=1), betalaína (n=1), kaempferol (n=1), quercetina (n=1),  $\alpha$ -caroteno (n=1), vitamina A total (n=1) e a criptoxantina (n=1).

### **Efeitos da fervura sob os compostos bioativos e antioxidantes**

Quanto aos principais resultados observados para a fervura, os estudos indicaram que esta foi capaz de promover aumento na quantidade de carotenoides totais em 4% no brócolis (dos Reis et al., 2015), de 28% no repolho-roxo (Murador et al., 2016) e de 57% no feijão-verde (Lima et al., 2017). Por outro lado, este mesmo método ocasionou redução na quantidade destes compostos na beterraba (taxa de redução = 41% (Ramos et al., 2017)), na batata-doce (taxa de redução = 57% (Amagloh et al., 2022)), na couve-flor

(taxa de redução de 64% (dos Reis et al., 2015)) e na couve (taxa de redução = 77% (Baenas et al., 2019)). Interessante ressaltar que, embora a fervura tenha promovido aumento das quantidades de  $\beta$ -caroteno de 7% (dos Reis et al., 2015) no brócolis e 341% no feijão-verde (Lima et al., 2017), este mesmo método aplicado sobre a couve-flor causou uma redução das quantidades deste carotenoide em 76% (dos Reis et al., 2015). Similarmente, as quantidades de  $\alpha$ -caroteno sofreram redução na fervura do brócolis e da couve-flor, de modo que as taxas de redução foram de 52% e 23% (dos Reis et al., 2015), respectivamente. Outros carotenoides estudados foram a luteína e zeaxantina. Em relação ao efeito nos teores de luteína, que consiste em um carotenoide antioxidante, observou-se que a fervura influenciou positivamente nos teores, tendo sido constatado um aumento de 371% para o brócolis (dos Reis et al., 2015), de 35% para a couve-flor (dos Reis et al., 2015) e de 32% para o feijão verde (Lima et al., 2017). No caso da zeaxantina, a fervura de feijões verdes (Lima et al., 2017) e da couve-flor (dos Reis et al., 2015) resultou em um aumento deste composto de 60% a 68%, enquanto a fervura do brócolis (dos Reis et al., 2015) acarretou redução de 98% da quantidade deste nutriente.

Paralelamente, a fervura também promoveu redução dos teores de vitamina C, sendo de 30% na batata inglesa (Lachman et al., 2013), 67% no brócolis (Martínez-Hernández et al., 2013), 68% na batata-doce (Amagloh et al., 2022) e 83% no bagaço de caju (Sucupira et al., 2020).

Similarmente, a fervura foi capaz de reduzir as quantidades de glicosinolatos totais no brócolis, sendo que a taxa de redução observada em diferentes estudos variou de 22% a 86% (Baenas et al., 2019; Bongoni et al., 2014; Martínez-Hernández et al., 2013). Nessa mesma perspectiva, estudos evidenciaram que a fervura também promoveu a redução das quantidades de antocianinas no repolho-roxo (Ávila et al., 2023) e na beterraba (Ramos et al., 2017), sendo de 40% e 42% respectivamente. Outros pigmentos que tiveram redução de seus teores na beterraba após a fervura foram os compostos betacianina [35%], betaxantina [37%] e betalaina [36%] (8). Observou-se que quanto aos efeitos da fervura nos teores de flavonoides nos alimentos, estes foram controversos e variaram conforme o alimento estudado. Para o feijão verde (Lima et al., 2017) e beterraba (Ramos et al., 2017) houve redução das quantidades de flavonoides em 15% e 62%, respectivamente, e, por outro lado, este mesmo método de cocção aumentou em 392% as quantidades destes compostos na batata-doce (Amagloh et al., 2022). Embora a fervura do feijão-verde (Lima et al., 2017) resultou na redução de 37% de polifenóis totais, este mesmo método de



cozimento aplicado sobre a batata-doce (Musilova et al., 2020) causou aumento de 60% destes compostos.

### **Efeitos do cozimento a vapor sob os compostos bioativos e antioxidantes**

Em relação a capacidade antioxidante dos alimentos, quando avaliada pelo método do DPPH, o cozimento a vapor causou redução desta em 4% no repolho-roxo (Ávila et al., 2023), 6% no brócolis e de 8% na couve-flor (dos Reis et al., 2015). Em contrapartida, este mesmo método de cocção ocasionou o aumento da capacidade antioxidante em 7% na beterraba (Ramos et al., 2017) e de 502% na batata-doce (Musilova et al., 2020). Similarmente, quando avaliados pelos métodos ABTS e ORAC, a cocção a vapor resultou no aumento da capacidade antioxidante tanto na couve (taxa de aumento pelo ABTS = 187%; ORAC = 51%) e no repolho-roxo (taxa de aumento pelo método ABTS = 25%; ORAC = 17%) (Murador et al., 2016).

Quanto aos compostos fenólicos, o cozimento a vapor foi igualmente eficaz em aumentar a quantidade destes em 8% na beterraba (Ramos et al., 2017) e em 86% na couve (Murador et al., 2016). Controversamente, estudos que avaliaram este mesmo método na cocção do repolho-roxo encontraram taxas de redução variando de 19% a 35% (Ávila et al., 2023; Murador et al., 2016). Paralelamente, a quantidade de polifenóis totais foi aumentada em 61% quando aplicado a cocção a vapor na batata-doce (Musilova et al., 2020). Além disso, este mesmo método aplicado a beterraba (Ramos et al., 2017) e ao repolho roxo (Ávila et al., 2023) ocasionaram redução nas quantidades de antocianinas, sendo estes de 3% e 18%, respectivamente, enquanto a cocção a vapor da batata-doce resultou em um aumento de 357% de antocianinas (Musilova et al., 2020).

Outrossim, o teor de flavonoides também foi elevado no cozimento da batata-doce a vapor (Musilova et al., 2020), o que não ocorreu na cocção da beterraba por este mesmo método, de modo que se obteve redução de 51% no teor deste composto bioativo (Ramos et al., 2017). Da mesma maneira, as quantidades de quercetina foram reduzidos ao submeter o brócolis e a couve-flor (dos Reis et al., 2015) a cocção a vapor, tendo taxas de redução de 27% e 12%, respectivamente. De maneira similar, as quantidades de kaempferol foram reduzidas na cocção do brócolis a vapor em 30%, enquanto a couve-flor submetida ao mesmo método resultou no aumento de 8% deste composto (dos Reis et al., 2015). Outrossim, as quantidades dos compostos betacianina, betaxantina e betaláina foram reduzidas ao realizar o cozimento da beterraba a vapor, de modo que as taxas de redução foram de 34%, 37% e 35% respectivamente (Ramos et al., 2017).

Em relação aos teores de Vitamina C nos alimentos, a cocção a vapor provocou redução em suas quantidades, sendo de 24% no brócolis (Martínez-Hernández et al., 2013), 72% no bagaço de caju (Sucupira et al., 2020) e de 76% na batata-doce (Amagloh et al., 2022). De maneira similar, os teores de vitamina A sofreram redução de 71% quando a couve-flor foi submetida a cocção a vapor, contudo, o brócolis submetido a mesma técnica de cocção ocasionou aumento de 25% nos teores de Vitamina A (dos Reis et al., 2015).

No que tange as quantidades de carotenoides totais nos alimentos, este método acarretou o aumento apenas na couve-flor (taxa de aumento = 462% (dos Reis et al., 2015)), enquanto foi capaz de promover redução da quantidade destes compostos em 10% no repolho roxo (Murador et al., 2016), 24% na beterraba (Ramos et al., 2017), 31% no brócolis (dos Reis et al., 2015), 58% na batata-doce (Amagloh et al., 2022) e 72% na couve (Murador et al., 2016). Ademais, a cocção a vapor foi capaz de reduzir em 35% as quantidades de  $\alpha$ -caroteno no brócolis, enquanto no cozimento da couve-flor por este mesmo método ocorreu aumento de 159% deste carotenoide (dos Reis et al., 2015). Já em relação as quantidades de  $\beta$ -caroteno, a cocção a vapor foi capaz de reduzir suas quantidades em 71% na couve-flor, o que não foi observado para a cocção em vapor do brócolis, tendo sido observado um aumento de 25% deste mesmo carotenoide (5). Similarmente, em relação aos carotenoides luteína e criptoxantina, a cocção a vapor do brócolis provocou aumento de 85% e 16% de suas quantidades, respectivamente. O mesmo efeito foi observado na couve-flor, de modo que seu cozimento a vapor elevou as quantidades de luteína em 3% e de criptoxantina em 99%. Por outro lado, as quantidades de zeaxantina, outro carotenoide, variaram de acordo com o alimento, tal como a cocção a vapor do brócolis provocou a redução deste em 94%, enquanto a couve-flor cozida a vapor teve aumento de 334% nas quantidades deste mesmo carotenoide (dos Reis et al., 2015).

Já no que tange as quantidades de glicosinolatos totais, enquanto estudos evidenciaram uma redução de 65% na cocção a vapor da couve (Baenas et al., 2019), e taxas de redução de 50% a 61% no brócolis (Baenas et al., 2019; Bongoni et al., 2014), outro estudo observou que este mesmo método aplicado também sobre o brócolis apresentou aumento de 14% nas quantidades de glicosinolatos totais (Bongoni et al., 2014).

### **Efeitos do cozimento em micro-ondas sob os compostos bioativos e antioxidantes**

No que se refere ao efeitos do cozimento em micro-ondas, observou-se que este foi relacionado com o aumento da capacidade antioxidante em diversos alimentos, de modo que este parâmetro sofreu aumento de 3145% no brócolis e de 30% na couve-flor (dos Reis et al., 2015), de 203% na batata-doce (Musilova et al., 2020), contudo, este método de cocção aplicado na repolho-roxo resultou em redução da capacidade antioxidante de 8% (Ávila et al., 2023).

Além disso, estudos demonstraram que a cocção em micro-ondas resultou na redução da quantidade de antocianinas no repolho-roxo (taxa de redução = 10% (Ávila et al., 2023)) e na batata inglesa (taxa de redução = 48% (Lachman et al., 2013)). O mesmo efeito foi evidenciado frente as quantidades de kaempferol, de modo que a cocção da couve-flor resultou na redução das quantidades deste composto em 13%, enquanto o brócolis apresentou uma taxa de redução de 60% (dos Reis et al., 2015). O mesmo efeito foi observado sob as quantidades de compostos fenólicos, de modo que tanto o cozimento do repolho-roxo quanto o de cogumelos sob esse mesmo método, resultaram em uma redução de 25% (Ávila et al., 2023) e 10% (Sun et al., 2019), respectivamente. Similarmente, o cozimento do brócolis e da couve-flor em micro-ondas também afetou negativamente as quantidades de criptoxantina nestes alimentos, de modo que houve taxas de redução de 19% e 8%, respectivamente (dos Reis et al., 2015). Controversamente, as quantidades de quercetina foram reduzidas apenas no cozimento a micro-ondas do brócolis (taxa de redução = 49%), enquanto este mesmo método aplicado sobre a couve-flor resultou no aumento de 19% na quantidade deste composto (dos Reis et al., 2015). Ademais, o cozimento em micro-ondas da batata resultou em 40% nas quantidades de polifenóis totais (Lachman et al., 2013). Embora o cozimento do repolho neste mesmo método resultou em redução em 49% (Jaiswal and Abu-Ghannam, 2013) nas quantidades de flavonoides totais, o feijão-verde e a batata-doce quando cozidos no micro-ondas apresentaram aumento nas quantidades deste composto bioativo, de modo que nesta leguminosa houve aumento de 122% (Lima et al., 2017), enquanto o tubérculo obteve aumento de 428% (Musilova et al., 2020).

Já no que tange aos teores de vitamina C nos alimentos, o micro-ondas como método de cocção resultou na redução desta vitamina em diversos alimentos, de modo que houve uma taxa de redução 44% na batata (Lachman et al., 2013), 48% na batata-doce (Amagloh et al., 2022) e de 94% no brócolis (Martínez-Hernández et al., 2013). Similarmente, os teores de vitamina A também sofreram redução quando utilizado o

micro-ondas como método de cocção, de modo que as taxas de redução do brócolis e da couve-flor foram de 24% e 86% (dos Reis et al., 2015), respectivamente.

Frente as quantidades de glicosinolatos totais, pouco se tem avaliado a influência da cocção de alimentos em micro-ondas e as suas quantidades nos alimentos, de modo que apenas um estudo evidenciou que este método foi capaz de promover uma redução de 54% na quantidade destes compostos bioativos no brócolis (Martínez-Hernández et al., 2013).

Em relação as quantidades de carotenoides totais, embora o cozimento em micro-ondas do feijão-verde resultou no aumento de 161% nas quantidades desses compostos (Lima et al., 2017), houve redução nas quantidades de carotenoides totais de 30% no brócolis (dos Reis et al., 2015), 58% na batata-doce e 75% (Amagloh et al., 2022) na couve-flor (dos Reis et al., 2015). Além disso, as quantidades de  $\alpha$ -caroteno foram reduzidas na cocção do brócolis e na couve-flor, com taxas de redução de 68% e 3% (dos Reis et al., 2015), respectivamente. Embora as quantidades de  $\beta$ -caroteno também sofreram redução na cocção do brócolis (taxa de redução = 23% (dos Reis et al., 2015)) e na couve-flor (taxa de redução = 86% (dos Reis et al., 2015)), o feijão-verde cozido em micro-ondas resultou no aumento de 582% nos teores deste carotenoide (Lima et al., 2017). Este método também foi capaz de reduzir as quantidades de criptoxantina em 19% no brócolis e 8% na couve-flor (dos Reis et al., 2015). Apesar do cozimento em micro-ondas do brócolis ter resultado em redução de 98% (dos Reis et al., 2015) na quantidade de zeaxantina, este mesmo método promoveu aumento deste carotenoide de 65% na couve-flor (dos Reis et al., 2015) e 167% no feijão-verde (Lima et al., 2017). Similarmente, o cozimento em micro-ondas causou aumento das quantidades de luteína em 223% no brócolis (dos Reis et al., 2015) e 150% no feijão-verde (Lima et al., 2017), porém em relação a couve-flor, este mesmo carotenoide apresentou taxa de redução de 10% (dos Reis et al., 2015).

### **Efeitos do cozimento sob pressão em relação aos compostos bioativos e antioxidantes**

Já no que diz respeito a capacidade antioxidante de alimentos cozidos sob pressão, embora a beterraba apresentou redução de 20% (Ramos et al., 2017), o feijão-verde cozido sob este método resultou em aumento de 77% deste parâmetro (Lima et al., 2017). Controversamente, o cozimento sob pressão foi capaz de promover redução de compostos fenólicos, de modo que a taxa de redução foi de 17% na beterraba (Ramos et al., 2017),

e de 50% nos cogumelos (Sun et al., 2019). Além disso, a quantidade de polifenóis totais também foi reduzida em 35% no cozimento sob pressão do feijão-verde (Lima et al., 2017).

No que tange aos teores de flavonoides nos alimentos cozidos sob pressão, observou-se que este método de cocção causou uma redução de 53% no feijão (Lima et al., 2017) e 73% na beterraba (Ramos et al., 2017). Similarmente, as quantidades de antocianinas sofreram redução de 53% (Ramos et al., 2017) na beterraba cozida sob pressão. O mesmo efeito foi observado em relação a betaxantina, betacianina e a betalaína (Ramos et al., 2017), de modo que a cocção sob pressão da beterraba resultou em taxas de redução de 62%, 58% e 60%, respectivamente.

Em relação aos teores de Vitamina C, observou-se que a cocção do brócolis sob pressão resultou na taxa de redução de 38% desta vitamina (Martínez-Hernández et al., 2013). O mesmo efeito foi observado em relação as quantidades de glicosinolatos totais, de modo que o cozimento sob pressão do brócolis resultou em taxa de redução de 66% (Martínez-Hernández et al., 2013).

Enquanto o cozimento da beterraba sob pressão resultou em redução de 55% (Ramos et al., 2017) dos carotenoides totais presentes, este mesmo método aplicado sobre o feijão-verde causou aumento de 182% (Lima et al., 2017). Similarmente, o cozimento do feijão-verde sob pressão promoveu aumento de 1136% nas quantidades de  $\beta$ -caroteno, de 155% nas quantidades de luteína e de 92% nas de zeaxantina (Lima et al., 2017).

A Figura 1 relaciona os efeitos dos métodos de cocção sobre compostos bioativos avaliados em alguns alimentos, conforme os estudos revisados. De maneira geral, para os compostos betacianina, betalaína, betaxantina assim como os glicosinolatos totais e as vitaminas A e C, todos os quatro métodos de cocção reduziram as suas quantidades nos alimentos analisados, de modo que a pressão apresentou maiores taxas de redução. Já para as antocianinas, a cocção a vapor e em micro-ondas se mostraram mais efetivas para preservar os conteúdos deste composto. Já em relação a capacidade antioxidante dos alimentos avaliados, a fervura promoveu maiores taxas de aumento deste parâmetro, embora o cozimento em vapor, em micro-ondas e sob pressão também apresentaram baixas taxas de redução. Para o feijão-verde, tanto a fervura, quanto micro-ondas e a pressão se mostraram efetivos em melhorar a capacidade antioxidante do alimento, acompanhada pelo aumento nas quantidades de carotenoides totais,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno e luteína. Embora a luteína e a criptoxantina apresentaram taxas de aumento tanto na cocção a vapor quanto na fervura, destaca-se que quando os alimentos foram submetidos ao

micro-ondas e à pressão, eles tiveram suas quantidades reduzidas nos alimentos. Paralelamente, os carotenoides totais obtiveram taxas de redução maiores no cozimento sob fervura, em micro-ondas e na pressão, de modo que a cocção a vapor se mostrou mais efetiva em preservar maiores quantidades destes compostos nos alimentos avaliados.

## FIGURA 1

### DISCUSSÃO

O consumo diversificado de frutas, vegetais, leguminosas e cereais nas refeições está associado a uma maior variedade de nutrientes e de compostos bioativos, além do fato de que uma dieta rica nesses grupos alimentares tem se mostrado como aliada no tratamento de diversas doenças crônicas não transmissíveis, como obesidade, diabetes, doenças inflamatórias intestinais, dentre outras (Konstantinidi and Koutelidakis, 2019). Apesar de algumas frutas e vegetais serem, em sua maioria, consumidos crus, diversos métodos de cocção são frequentemente aplicados sobre o preparo destes e dos demais alimentos de origem vegetal, seja para melhorar a palatabilidade, aparência, textura, consistência ou até para inativar substâncias antinutricionais presentes em alguns alimentos (Coe and Spiro, 2022). Dessa forma, os métodos de cocção também são capazes de alterar as quantidades, conformações químicas, atividade e biodisponibilidade dos nutrientes e de compostos bioativos presentes nos alimentos (Zhang and Hamauzu, 2004).

Em relação a influência dos métodos de cocção sobre o conteúdo de compostos fenólicos e polifenóis totais, sabe-se que fatores como o binômio tempo-temperatura durante a cocção dos alimentos, assim como a presença de água pode influenciar de maneira positiva ou negativa sobre as quantidades desses compostos (Truong et al., 2010). Nesse sentido, durante a cocção ocorrem alterações na matriz alimentar de modo que, alimentos que passam por tempos de cocção longos imersos em água tem perda de compostos fenólicos solúveis para a água (Arfaoui, 2021). A partir disso, observou-se que, nos estudos revisados, que a fervura e o cozimento sob pressão foram os métodos menos eficientes em preservar o conteúdo de polifenóis e compostos fenólicos nos alimentos, possivelmente devido ao volume de água utilizado na cocção dos alimentos (Lima et al., 2017; Musilova et al., 2020), enquanto que a cocção a vapor e micro-ondas obtiveram as menores taxas de redução destes compostos (Amagloh et al., 2022; Ávila et

al., 2023; Murador et al., 2016; Ramos et al., 2017). Desse modo, apesar da matriz alimentar estar abrandada e mais propensa a liberar seu conteúdo, métodos de cocção que utilizam baixos volumes de água evitam o processo de lixiviação, aumentando assim suas quantidades (Sultana et al., 2008).

Temperaturas acima de 70°C são capazes de desnaturar a polifenol oxidase, enzima responsável pela oxidação de compostos fenólicos, portanto a inativação desta enzima preserva o conteúdo destes compostos, tornando-o disponíveis para exercer atividade antioxidante (Truong et al., 2007). Neste sentido, alimentos como a batata-doce (Amagloh et al., 2022), repolho-roxo (Murador et al., 2016) e a beterraba (Ramos et al., 2017) apresentaram aumento das quantidades de seus compostos fenólicos mesmo após fervura a 100°C, efeito também observado na cocção a vapor da beterraba (Ramos et al., 2017) e da couve (Murador et al., 2016), assim como o cozimento de cogumelos em micro-ondas (Sun et al., 2019).

No que tange à capacidade antioxidante de um alimento, sabe-se que esta relaciona-se com a sua composição nutricional e é influenciada pelo método de cocção utilizado (Amagloh et al., 2022; Zhu et al., 2018). Na presente revisão, observou-se que para este parâmetro os resultados foram controversos e variaram conforme o alimento, sendo observado redução em alguns (Ávila et al., 2023; dos Reis et al., 2015) e aumento em outros (Lima et al., 2017; Musilova et al., 2020). Sobre o assunto, alguns fatores devem ser levados em consideração como a perda de compostos antioxidantes polares para a água que influencia neste parâmetro negativamente, enquanto que a ação do calor sobre a matriz alimentar pode auxiliar no rompimento de ligações entre ácidos fenólicos e açúcares tornando compostos antioxidantes mais biodisponíveis, o que poderia explicar o aumento na capacidade antioxidante de alguns alimentos após o processamento térmico (Nayak et al., 2015; Toydemir et al., 2022). É relevante acrescentar que a elevada capacidade antioxidante de polifenóis parcialmente oxidados é atribuída à habilidade de doar um átomo de hidrogênio do grupo hidroxil para um radical livre, ou ainda, deve-se à capacidade de sua estrutura aromática de suportar elétrons desemparelhados (Nayak et al., 2015). Além disso, a polaridade das moléculas também sofre influência na absorção de calor durante a cocção, em especial no micro-ondas, o qual lança ondas eletromagnéticas que aquecem prioritariamente moléculas polares como ácidos, ésteres, álcoois, aminas e carbonilas, diferente de moléculas apolares, como os hidrocarbonetos, que absorvem poucas quantidades dessas ondas eletromagnéticas (Gedye et al., 1988).

Dessa forma, o alimento tem menor perda de calor para o meio externo, em contraste com os demais métodos de cocção cuja transferência de calor ocorre por condução.

As antocianinas, por sua vez, são compostos bioativos derivados dos flavonoides, de modo que quando presentes nas plantas, estão na forma de pigmentos que as protegem contra a ionização e formação de radicais livres estimuladas pela exposição aos raios de luz ultravioleta (Silva et al., 2017). Diversos fatores como presença de enzimas, oxigênio, pH e temperatura influenciam nas concentrações de flavonoides e de antocianinas nos alimentos (Martín et al., 2017) e, embora a literatura científica evidencie a redução na quantidade deste composto nos alimentos, após serem submetidos a cocção em altas temperaturas (Hong and Koh, 2016; SHAN et al., 2013), outros estudos já indicam aumento no teor deste composto devido a maioria das antocianinas serem estáveis a faixa de temperaturas utilizadas na cocção de alimentos, de modo que ocorre a condensação de monômeros e formação de oligopigmentos mais estáveis (Thi Lan Khanh et al., 2018).

Entre as principais limitações deste estudo destaca-se o fato de que, nos estudos revisados, não foi discutida a relação entre quantidade e a biodisponibilidade dos compostos. Desta forma, embora os estudos analisados tenham apresentado resultados controversos em relação as quantidades de carotenoides nos alimentos, a literatura científica evidencia que estes teores não necessariamente correspondem a sua biodisponibilidade, tanto em relação aos carotenoides como um total, quanto para os tipos, como o  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, a luteína, criptoxantina e a zeaxantina (Platel and Srinivasan, 2016).

A biodisponibilidade dos carotenoides está relacionada com a matriz extracelular dos alimentos, de modo que vegetais escuros e folhosos apresentam estes compostos associados a proteínas nas estruturas celulares, enquanto frutas amarelo alaranjadas possuem carotenoides conjugados com lipídios dentro dos cloroplastos (Veda et al., 2006). Embora a cocção dos alimentos fonte mostrou-se eficiente em aumentar a biodisponibilidade de carotenoides de maneira geral, outros estudos indicam que a cocção de vegetais folhosos verdes-escuros associado a adição de pequenas quantidades de lipídios, como no ato de refogar, acarreta maiores taxas de aumento da biodisponibilidade de  $\beta$ -caroteno, sobretudo por causa da natureza apolar dos carotenoides (Veda et al., 2010, 2007).



## CONCLUSÃO

O cozimento a vapor mostrou-se mais efetivo em preservar as quantidades de compostos fenólicos, carotenoides totais, alguns subtipos como a criptoxantina, luteína e a zeaxantina, assim como o total de flavonoides e antocianinas, ao obter menores taxas de redução deste composto quando comparados com a fervura, o micro-ondas e a pressão. Paralelamente, todos os quatro métodos causaram taxas de redução semelhantes de vitaminas A e C, assim como de glicosinolatos totais. Por outro lado, a fervura e a cocção, em micro-ondas, se mostraram mais eficientes em preservar a atividade antioxidante dos alimentos. Ademais, nota-se a necessidade de mais estudos com mais diversidade de alimentos para avaliar os efeitos de acordo com os grupos alimentares. Com base nos principais pontos levantados, o presente estudo se mostra como importante ferramenta para critério de escolha dos métodos de cocção de alimentos na elaboração de cardápios cujo objetivo seja a promoção de saúde dos comensais.

## REFERÊNCIAS

- Amagloh, F.C., Kaaya, A.N., Tumuhimbise, G.A., Katungisa, A., Amagloh, F.K., Yada, B., 2022. Household Processing Methods and Their Impact on Bioactive Compounds and Antioxidant Activities of Sweetpotato Genotypes of Varying Storage Root Flesh Colours. *Antioxidants* 11, 1867. <https://doi.org/10.3390/antiox11101867>
- Arfaoui, L., 2021. Dietary Plant Polyphenols: Effects of Food Processing on Their Content and Bioavailability. *Molecules* 26, 2959. <https://doi.org/10.3390/molecules26102959>
- Ávila, S., Zalamanski, S., Tanikawa, L.M., Kruger, C.C.H., Ferreira, S.M.R., 2023. Influence of Cooking Methods on In Vitro Bioaccessibility of Phenolics, Flavonoids, and Antioxidant Activity of Red Cabbage. *Plant Foods for Human Nutrition* 78, 124–131. <https://doi.org/10.1007/s11130-022-01027-5>
- Baenas, N., Marhuenda, J., García-Viguera, C., Zafrilla, P., Moreno, D., 2019. Influence of Cooking Methods on Glucosinolates and Isothiocyanates Content in Novel Cruciferous Foods. *Foods* 8, 257. <https://doi.org/10.3390/foods8070257>
- Bongoni, R., Verkerk, R., Steenbekkers, B., Dekker, M., Stieger, M., 2014. Evaluation of Different Cooking Conditions on Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) to Improve the Nutritional Value and Consumer Acceptance. *Plant Foods for Human Nutrition* 69, 228–234. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0420-2>
- Brasil, 2014. Guia alimentar para a população brasileira, 2nd ed. Ministério da Saúde, Brasília.

- Coe, S., Spiro, A., 2022. Cooking at home to retain nutritional quality and minimise nutrient losses: A focus on vegetables, potatoes and pulses. *Nutr Bull* 47, 538–562. <https://doi.org/10.1111/nbu.12584>
- Cross, G.A., Fung, D.Y.C., Decareau, R. V., 1982. The effect of microwaves on nutrient value of foods. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 16, 355–381. <https://doi.org/10.1080/10408398209527340>
- de Castro, N.T., de Alencar, E.R., Zandonadi, R.P., Han, H., Raposo, A., Ariza-Montes, A., Araya-Castillo, L., Botelho, R.B.A., 2021. Influence of Cooking Method on the Nutritional Quality of Organic and Conventional Brazilian Vegetables: A Study on Sodium, Potassium, and Carotenoids. *Foods* 10, 1782. <https://doi.org/10.3390/foods10081782>
- dos Reis, L.C.R., de Oliveira, V.R., Hagen, M.E.K., Jablonski, A., Flôres, S.H., de Oliveira Rios, A., 2015. Effect of cooking on the concentration of bioactive compounds in broccoli (*Brassica oleracea* var. Avenger) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. Alphina F1) grown in an organic system. *Food Chem* 172, 770–777. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.124>
- Fabbri, A.D.T., Crosby, G.A., 2016. A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. *Int J Gastron Food Sci* 3, 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2015.11.001>
- Gedye, R.N., Smith, F.E., Westaway, K.C., 1988. The rapid synthesis of organic compounds in microwave ovens. *Can J Chem* 66, 17–26. <https://doi.org/10.1139/v88-003>
- Guzik, P., Kulawik, P., Zając, M., Migdał, W., 2022. Microwave applications in the food industry: an overview of recent developments. *Crit Rev Food Sci Nutr* 62, 7989–8008. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1922871>
- Hong, K.H., Koh, E., 2016. Effects of Cooking Methods on Anthocyanins and Total Phenolics in Purple-Fleshed Sweet Potato. *J Food Process Preserv* 40, 1054–1063. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12686>
- Jaiswal, A.K., Abu-Ghannam, N., 2013. Degradation kinetic modelling of color, texture, polyphenols and antioxidant capacity of York cabbage after microwave processing. *Food Research International* 53, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.007>
- Konstantinidi, M., Koutelidakis, A.E., 2019. Functional Foods and Bioactive Compounds: A Review of Its Possible Role on Weight Management and Obesity's Metabolic Consequences. *Medicines* 6, 94. <https://doi.org/10.3390/medicines6030094>
- Lachman, J., Hamouz, K., Musilová, J., Hejtmánková, K., Kotíková, Z., Pazderů, K., Domkářová, J., Pivec, V., Cimr, J., 2013. Effect of peeling and three cooking methods on the content of selected phytochemicals in potato tubers with various colour of flesh. *Food Chem* 138, 1189–1197. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.114>
- Lima, G.P.P., Costa, S.M., Monaco, K. de A., Uliana, M.R., Fernandez, R.M., Correa, C.R., Vianello, F., Cisneros-Zevallos, L., Minatel, I.O., 2017. Cooking processes

- increase bioactive compounds in organic and conventional green beans. *Int J Food Sci Nutr* 68, 919–930. <https://doi.org/10.1080/09637486.2017.1324563>
- Liu, R.H., 2013. Dietary bioactive compounds and their health implications. *J Food Sci* 78. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12101>
- Martín, J., Navas, M.J., Jiménez-Moreno, A.M., Asuero, A.G., 2017. Anthocyanin Pigments: Importance, Sample Preparation and Extraction, in: *Phenolic Compounds - Natural Sources, Importance and Applications*. InTech. <https://doi.org/10.5772/66892>
- Martínez-Hernández, G.B., Artés-Hernández, F., Gómez, P.A., Artés, F., 2013. Induced changes in bioactive compounds of kailan-hybrid broccoli after innovative processing and storage. *J Funct Foods* 5, 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.09.004>
- Murador, D.C., Mercadante, A.Z., de Rosso, V.V., 2016. Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage. *Food Chem* 196, 1101–1107. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.037>
- Musilova, J., Lidikova, J., Vollmannova, A., Frankova, H., Urminska, D., Bojnanska, T., Toth, T., 2020. Influence of Heat Treatments on the Content of Bioactive Substances and Antioxidant Properties of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Tubers. *J Food Qual* 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8856260>
- Nayak, B., Liu, R.H., Tang, J., 2015. Effect of Processing on Phenolic Antioxidants of Fruits, Vegetables, and Grains—A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55, 887–918. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.654142>
- Palermo, M., Pellegrini, N., Fogliano, V., 2014. The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. *J Sci Food Agric* 94, 1057–1070. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6478>
- Phan, M.A.T., Paterson, J., Bucknall, M., Arcot, J., 2018. Interactions between phytochemicals from fruits and vegetables: Effects on bioactivities and bioavailability. *Crit Rev Food Sci Nutr* 58, 1310–1329. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1254595>
- Platel, K., Srinivasan, K., 2016. Bioavailability of Micronutrients from Plant Foods: An Update. *Crit Rev Food Sci Nutr* 56, 1608–1619. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.781011>
- Ramos, J.A., Furlaneto, K.A., De Mendonça, V.Z., De Carvalho Mariano-Nasser, F.A., Lundgren, G.A., Fujita, E., Vieites, R.L., 2017. Influence of cooking methods on bioactive compounds in beetroot. *Semina: Ciências Agrárias* 38, 1295–1302. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1295>
- SHAN, S., ZHU, K.-X., PENG, W., ZHOU, H.-M., 2013. PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND SALTED NOODLE-MAKING QUALITY OF PURPLE SWEET POTATO FLOUR AND WHEAT FLOUR BLENDS. *J Food Process Preserv* 37, 709–716. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00686.x>
- Silva, S., Costa, E.M., Calhau, C., Morais, R.M., Pintado, M.E., 2017. Anthocyanin extraction from plant tissues: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57, 3072–3083. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1087963>

- Sucupira, N.R., Sabino, L.B. de S., Gondim Neto, L., Gouveia, S.T., Figueiredo, R.W. de, Maia, G.A., Sousa, P.H.M. de, 2020. Evaluation of cooking methods on the bioactive compounds of cashew apple fibre and its application in plant-based foods. *Heliyon* 6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05346>
- Sultana, B., Anwar, F., Iqbal, S., 2008. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. *Int J Food Sci Technol* 43, 560–567. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01504.x>
- Sun, J., Wang, Y., Pang, X., Tian, S., Hu, Q., Li, X., Liu, J., Wang, J., Lu, Y., 2021. The effect of processing and cooking on glucoraphanin and sulforaphane in brassica vegetables. *Food Chem.* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130007>
- Sun, Y., Lv, F., Tian, J., Ye, X. qian, Chen, J., Sun, P., 2019. Domestic cooking methods affect nutrient, phytochemicals, and flavor content in mushroom soup. *Food Sci Nutr* 7, 1969–1975. <https://doi.org/10.1002/fsn3.996>
- Thi Lan Khanh, P., Chittrakorn, S., Rutnakornpituk, B., Phan Tai, H., Ruttarattanamongkol, K., 2018. Processing effects on anthocyanins, phenolic acids, antioxidant activity, and physical characteristics of Vietnamese purple-fleshed sweet potato flours. *J Food Process Preserv* 42, e13722. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13722>
- Toydemir, G., Gultekin Subasi, B., Hall, R.D., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Capanoglu, E., 2022. Effect of food processing on antioxidants, their bioavailability and potential relevance to human health. *Food Chem X.* <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100334>
- Truong, V.-D., Deighton, N., Thompson, R.T., McFeeters, R.F., Dean, L.O., Pecota, K. V., Yencho, G.C., 2010. Characterization of Anthocyanins and Anthocyanidins in Purple-Fleshed Sweetpotatoes by HPLC-DAD/ESI-MS/MS. *J Agric Food Chem* 58, 404–410. <https://doi.org/10.1021/jf902799a>
- Truong, V.-D., McFeeters, R.F., Thompson, R.T., Dean, L.L., Shofran, B., 2007. Phenolic Acid Content and Composition in Leaves and Roots of Common Commercial Sweetpotato (*Ipomea batatas* L.) Cultivars in the United States. *J Food Sci* 72, C343–C349. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00415.x>
- Veda, S., Kamath, A., Platel, K., Begum, K., Srinivasan, K., 2006. Determination of bioaccessibility of  $\beta$ -carotene in vegetables by in vitro methods. *Mol Nutr Food Res* 50, 1047–1052. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600076>
- Veda, S., Platel, K., Srinivasan, K., 2010. Enhanced bioaccessibility of  $\beta$ -carotene from yellow-orange vegetables and green leafy vegetables by domestic heat processing. *Int J Food Sci Technol* 45, 2201–2207. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02385.x>
- Veda, S., Platel, K., Srinivasan, K., 2007. Varietal Differences in the Bioaccessibility of  $\beta$ -Carotene from Mango (*Mangifera indica*) and Papaya (*Carica papaya*) Fruits. *J Agric Food Chem* 55, 7931–7935. <https://doi.org/10.1021/jf0712604>
- Zhang, D., Hamauzu, Y., 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chem* 88, 503–509. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.065>

Zhu, F., Du, B., Xu, B., 2018. Anti-inflammatory effects of phytochemicals from fruits, vegetables, and food legumes: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 58, 1260–1270. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1251390>

**Quadro 1.** Critérios de inclusão e de exclusão de artigos

Parâmetro	Critérios	
	Inclusão	Exclusão
Tipo de estudo	Estudos experimentais ou quase experimentais	Revisão, estudos observacionais e descritivos
Métodos	Estudos que tenham descrito claramente o alimento e seu pré-preparo, condições e método de cocção e método de avaliação da biodisponibilidade	Estudos com a descrição incompleta dos métodos.
Desfecho	Estudos com avaliação da biodisponibilidade de vitaminas, minerais e compostos bioativos após a aplicação de métodos de cocção	Estudos que tenham realizado apenas a análise de nutrientes no alimento ou que não tenham avaliado a biodisponibilidade
Comparação	Estudos com avaliação da biodisponibilidade no alimento cru, como controle	Estudos sem análise no alimento cru (controle)

**Quadro 2.** Resumo dos estudos revisados sobre os efeitos dos métodos de cocção sobre os compostos bioativos e antioxidantes

Método	Descrição	Alimento	Efeito positivo	Efeito negativo	Autor (ano)
<b>FERVURA (n=12)</b>	Fervura, recipiente de alumínio (com tampa), proporção de 5:1, a uma temperatura 100 °C, tempo 5 min.	Brócolis  Couve-flor	Aumento da capacidade antioxidante, de luteína, criptoxantina, β-caroteno e carotenoides totais (p<0,05).  Aumento da capacidade antioxidante, de quercetina, luteína, zeaxantina e criptoxantina (p<0,05).	Redução de zeaxantina, α-caroteno, vitamina A, quercetina e kaempferol (p<0,05).  Redução de kaempferol, α-caroteno, β-caroteno, carotenoides totais e vitamina A (p<0,05).	(dos Reis et al., 2015)
	Fervura, panela industrial aberta, proporção 5:15, a uma temperatura 100 °C, tempo por 3,5 min.	Brócolis Híbrido-Kailan	Efeito não observado.	Redução no total de glicosinolatos e nos teores Vitamina C (p<0,05).	(Martínez-Hernández et al., 2013)
	Fervura, panela de alumínio, imersão em água, temperatura 200 °C, tempo 1min e 5 segs.	Beterraba	Preservada a capacidade antioxidante, do total de compostos fenólicos, de antocianinas, de carotenoides totais	Redução de flavonoides, betacianina, betaxantina e betalaina	(Ramos et al., 2017)
	Fervura, proporção 1:5, tempo 10 a 25min.	Repolho roxo	Efeito não observado.	Redução da capacidade antioxidante, no total de compostos fenólicos e de antocianina.	(Ávila et al., 2023)
	Fervura, potes de aço inoxidável, proporção 4:1, temperatura inicial de 25° até 100 °C, tempo 2/2 min até 20 min.	Brócolis	Efeito não observado.	Redução no total de glicosinolatos (p<0,05).	(Bongoni et al., 2014)
	Fervura, potes de aço inoxidável, proporção 4:1, temperatura 100°, tempo 2/2 min até 20 min.	Brócolis	Efeito não observado.	Redução no total de glicosinolatos (p<0,05).	(Bongoni et al., 2014)
	Fervura em água, tempo 10 min, temperatura 100 °C.	Batata doce	Aumento na capacidade antioxidante, nos teores de antocianinas e de polifenóis totais	Efeito não observado.	(Musilova et al., 2020)
	Fervura, cortados em pequenos cubos (2.5 cm³), proporção 2:1, a uma temperatura 100 °C, tempo por 25 min.	Batata doce	Aumento no total de compostos fenólicos e de flavonoides (p<0,05).	Redução no total de carotenoides e nos teores de Vitamina C (p<0,05).	(Amagloh et al., 2022)
	Fervura, potes de aço inoxidável, 850 mL de água, temperatura 100 °C, tempo 15 min.	Brócolis  Couve	Efeito não observado.  Efeito não observado.	Redução no total de glicosinolatos.  Redução no total de glicosinolatos.	(Baenas et al., 2019)

	Fervura, panela de aço inoxidável (Tramontina, São Paulo Brasil), 275 mL de água, temperatura 100 °C, tempo 18 min.	Bagaço de Caju	Efeito não observado.	Redução nos teores de Vitamina C e no total de compostos fenólicos.	(Sucupira et al., 2020)
	Fervura, panela de alumínio, 200 mL de água, tempo 10 min.	Feijão verde	Aumento da atividade antioxidante, no total de carotenoides, $\beta$ -caroteno e luteína.  Manutenção do total flavonoides e zeaxantina.	Redução no total de polifenóis	(Lima et al., 2017)
	Fervura, panela de aço inoxidável, proporção 1:5, temperatura 98 °C, tempo 4 min.	Repolho roxo  Couve	Manutenção no total de carotenoides, de compostos fenólicos e aumento da atividade antioxidante.  Manutenção no total de carotenoides e aumento da atividade antioxidante.	Redução do total de antocianinas.  Redução no total de compostos fenólicos.	(Murador et al., 2016)
<b>COZIMENTO A VAPOR (n=10)</b>	Cocção em panela de alumínio, temperatura de 200 C, tempo 1min e 18s.	Beterraba	Preservada a capacidade antioxidante, totais de compostos fenólicos, carotenoides.	Redução de flavonóides, antocianinas, betaxantina, betacianina e betalaína.	(RAMOS et al., 2017)
	Cocção em recipiente colocado sobre panela com água fervendo, proporção 1:6, tempo 10 a 25min.	Repolho roxo	Efeito não observado.	Redução da capacidade antioxidante, no total de compostos fenólicos e de antocianina.	(Ávila et al., 2023)
	Cocção em recipiente a vapor (Food Steamer, Evulon, 1050 W), com 250 mL de água, temperatura final de 95 °C, tempo 20 min.	Brócolis  Couve-flor	Aumento de luteína, criptoxantina, $\beta$ -caroteno e de vitamina A ( $p<0,05$ ).  Preservada a capacidade antioxidante, Aumento de kaempferol, luteína, criptoxantina, $\alpha$ -caroteno, carotenoides totais e de vitamina A ( $p<0,05$ ).	Redução da capacidade antioxidante, de carotenoides totais, de quercetina, kaempferol, zeaxantina e de $\alpha$ -caroteno ( $p<0,05$ ).  Redução de quercetina e de $\beta$ -caroteno ( $p<0,05$ ).	(dos Reis et al., 2015)
	Cocção em autoclave industrial com válvula aberta e baixa pressão (0,2 bar), temperatura final 100 °C, tempo 5 min.	Brócolis Híbrido-Kailan	Efeito não observado.	Redução no total de glicosinolatos e nos teores Vitamina C ( $p<0,05$ ).	(Martínez-Hernández et al., 2013)
	Cocção em vaporizador doméstico (Philips HD9160 vaporizador), com 1.400 ml de água, temperatura final de 100 °C, tempo 2/2 min até 20 min.	Brócolis	Aumento no total de glicosinolatos.	Efeito não observado.	(Bongoni et al., 2014)

	Cocção em vaporizador, temperatura 97°C, tempo 15 min.	Batata doce	Aumento na capacidade antioxidante, nos teores de antocianinas e de polifenóis totais	Efeito não observado.	(Musilova et al., 2020)
	Cocção em panela elétrica de arroz (Geepas-GRC 4331-3.2 L, Guangzhou, China), proporção de água de 1:1, temperatura final de 95 °C, tempo 30 min.	Batata doce	Efeito não observado.	Redução no total de carotenoides e nos teores de Vitamina C.	(Amagloh et al., 2022)
	Cocção em vaporizador de aço não oxidável, com 500 ml de água destilada, temperatura final de 98 °C, tempo 15min.	Brócolis Couve	Efeito não observado. Efeito não observado.	Redução no total de glicosinolatos. Redução no total de glicosinolatos.	(Baenas et al., 2019)
	Cocção em vaporizador doméstico (Tramontina, São Paulo Brasil), com 600 mL de água, temperatura 100 °C, tempo 20 min.	Fibras de Caju	Efeito não observado.	Redução nos teores de Vitamina C.	(Sucupira et al., 2020)
	Cocção em panela de aço inoxidável sobre outra panela com água fervente, temperatura 90 °C, tempo 15min.	Repolho roxo Couve	Manutenção do total de antocianinas, aumento da atividade antioxidante. Aumento no total de compostos fenólicos, aumento da atividade antioxidante.	Redução de carotenoides totais e no total de compostos fenólicos. Redução no total de carotenoides.	(Murador et al., 2016)
<b>MICROONDAS (n=9)</b>	Amostras foram colocados em um prato com 16 mL de água com tampa de acrílico por 4 min (Electrolux, ME21S 800 W) (temperatura final de 98°C)	Brócolis Couve-flor	Aumento da capacidade antioxidante. Aumento da capacidade antioxidante, de kaempferol, luteína, zeaxantina;	Redução de quercetina, kaempferol, luteína, zeaxantina, a-carotenoide, b-carotenoide, total de carotenoides e vitamina A Redução de quercetina, criptoxantina, α-carotenoide, β-carotenoide, total de carotenoides e vitamina A	(dos Reis et al., 2015)
	Cocção em micro-ondas industrial (MWB17AE, Fagor Industrial S. Coop., Valência, Espanha), 900 W, sacos de polipropileno estéreis a vácuo, tempo 2,5 min.	Brócolis Híbrido-Kailan	Efeito não observado.	Redução no total de glicosinolatos e nos teores Vitamina C (p<0,05).	(Martínez-Hernández et al., 2013)
	Cocção em micro-ondas, repolho disposto em pratos com água a temperatura ambiente, proporção 1:5, tempo 10 a 25min.	Repolho roxo	Efeito não observado.	Redução da capacidade antioxidante, no total de compostos fenólicos e de antocianina.	(Ávila et al., 2023)
	Cocção em micro-ondas, 750 W, tubérculos com casca e cortados em pequenos cubos, tempo 10 min.	Batata inglesa	Efeito não observado.	Redução nos teores de Vitamina C e de antocianinas.	(Lachman et al., 2013)



	Cocção em micro-ondas, diferentes potências (400, 560 e 800 W), repolho picado em 100mL água deionizada, tempo 2/2 min até 14 min.	Repolho	Efeito não observado.	Redução de compostos fenólicos e flavonoides totais.	(Jaiswal and Abu-Ghannam, 2013)
	Cocção em micro-ondas, 850 W, tempo 5 min.	Batata doce	Aumento na capacidade antioxidante, nos teores de antocianinas e de polifenóis totais	Efeito não observado.	(Musilova et al., 2020)
	Cocção em micro-ondas, 750 W, cortados em pequenos cubos (2.5 cm <sup>3</sup> ), tempo 15 min.	Batata doce	Efeito não observado.	Redução no total de carotenoides. Redução nos teores de Vitamina C.	(Amagloh et al., 2022)
	Cocção em micro-ondas (W25800K-01AG; Fotile, China), 780 W, proporção 1:6, tempo 8 min.	Cogumelos ( <i>H. marmoreus</i> )	Manutenção no total de compostos fenólicos;	Efeito não observado.	(Sun et al., 2019)
	Cocção em micro-ondas (Panasonic, Manaus, Brazil), 800 W, 15 mL de água destilada, tempo 10 min	Feijão verde	Aumento da atividade antioxidante, flavonoides e carotenoides totais, $\beta$ -caroteno, luteína e de zeaxantina.	Redução no total de polifenóis.	(Lima et al., 2017)
<b>COZIMENTO A PRESSÃO (n=4)</b>	Cozimento em autoclave industrial sob pressão de vapor de 0,1 Mpa, tempo 2 min.	Brócolis Híbrido-Kailan	Efeito não observado.	Redução no total de glicosinolatos e redução nos teores de Vitamina C.	(Martínez-Hernández et al., 2013)
	Cozimento em panela de pressão (D22E1; Supor, China), temperatura 120 °C, tempo 20 min.	Cogumelos ( <i>H. marmoreus</i> )	Efeito não observado.	Redução no total de compostos fenólicos.	(Sun et al., 2019)
	Cozimento em panela de pressão (ClockVR, 2 L capacity, São Bernardo do Campo, Brazil), 100 mL de água, tempo 10 min.	Feijão verde	Aumento da atividade antioxidante, no total de carotenoides, $\beta$ -caroteno, luteína e de zeaxantina.	Redução no total de flavonoides e de polifenóis.	(Lima et al., 2017)
	Cocção em panela de alumínio, temperatura de 200 C, tempo 30s.	Beterraba	Preservado a capacidade antioxidante, o total de compostos fenólicos, de antocianinas	Redução nos carotenoides totais, nos flavonoides, de betacianina, betaxantina e betalaina	(RAMOS et al., 2017)

		Fervura	Vapor	Micro-ondas	Pressão
<b>Antocianinas</b>	Repolho-roxo	-40%	-3%	-10%	NA
	Beterraba	-42%	-18%	NA	-53%
	Batata-doce	+266%	+357%	+746%	NA
	Batata-inglesa	NA	NA	-48%	NA
<b><math>\alpha</math>-caroteno</b>	Brócolis	-52%	-35%	-68%	NA
	Couve-flor	-23%	+159%	-2,4%	NA
<b><math>\beta</math>-caroteno</b>	Brócolis	+7%	+25%	-23%	NA
	Couve-flor	-76%	-71%	-86%	NA
	Feijão-verde	+341%	NA	+582%	+1136%
<b>Betacianina</b>	Beterraba	-35%	-34%	NA	-58%
<b>Betalaina</b>	Beterraba	-36%	-35%	NA	-60%
<b>Betaxantina</b>	Beterraba	-37%	-37%	NA	-62%
<b>Capacidade Antioxidante</b>	Brócolis	+26%	-6%	+3145%	NA
	Beterraba	-24%	+7%	NA	-20%
	Couve-flor	+34%	-8%	+30%	NA
	Repolho-roxo	-17%	-4%	-8%	NA
	Feijão-verde	+160%	+330%	NA	+77%
	Batata-doce	+684%	+502%	+203%	NA
<b>Carotenoides totais</b>	Batata-doce	-57%	-58%	-58%	NA
	Beterraba	-41%	-24%	NA	-55%
	Brócolis	+4%	-31%	-30%	NA
	Couve	-77%	-72%	NA	NA
	Couve-flor	-64%	-44%	-75%	NA
	Feijão-verde	+39%	NA	+161%	+182%
	Repolho-roxo	+28%	-10%	NA	NA
<b>Criptoxantina</b>	Brócolis	+54%	+16%	-19%	NA
	Couve-flor	+19%	+99%	-8%	NA
<b>Compostos fenólicos</b>	Beterraba	-26%	+8%	NA	-17%
	Cogumelos	NA	NA	-10%	-50%
	Couve	-31%	+86%	NA	NA
	Repolho-roxo	-44%	-19%	NA	NA
<b>Flavonoides</b>	Batata-doce	+392%	+397%	+428%	NA

	Beterraba	-62%	-51%	NA	-53%
	Feijão-verde	-15%	NA	+122%	-53%
	Repolho	NA	NA	-49%	NA
<b>Glicosinolatos totais</b>	Brócolis	-84%	-41%	-54%	-66%
	Couve	NA	-65%	NA	-87%
<b>Kaempferol</b>	Brócolis	-83%	-30%	-60%	NA
	Couve-flor	-16%	+8%	-13%	NA
<b>Luteína</b>	Brócolis	+371%	+85%	+223%	NA
	Couve-flor	+35%	+3%	-10%	NA
	Feijão-verde	+32%	NA	+150%	+155%
<b>Quercetina</b>	Brócolis	-61%	-27%	-49%	NA
	Couve-flor	+9%	-12%	+19%	NA
<b>Polifenóis totais</b>	Batata-doce	+60%	+61%	+40%	NA
	Feijão Verde	-37%	-52%	NA	-35%
<b>Vitamina A</b>	Brócolis	-89%	+25%	-24%	NA
	Couve-flor	-75%	-71%	-86%	NA
<b>Vitamina C</b>	Brócolis	-67%	-24%	-94%	-38%
	Batata inglesa	-30%	NA	-44%	NA
	Batata-doce	-68%	-76%	-48%	NA
	Bagaço de caju	-83%	-72%	NA	NA

**Figura 1.** Taxas de redução e/ou aumento nas quantidades de cada composto e parâmetro avaliado.

Legenda

Aumento	0 a +25%	+25% a +50%	+50% a +75%	+75% a +100%
Redução	0 a -25%	-25% a -50%	-50% a -75%	-75% a -100%

\* A variação de cores da tonalidade leve a intensa indica aumento ou redução em maior proporção do composto/parâmetro revisado.